EnvirOLAB
Laboratorio Ambiental y de Higiene Ocupacional
Urbanización Chanis, Local 145, Edificio J3
Teléfono: 323-7520/ 221-2253
administracion@envirolabonline.com
www.envirolabonline.com

CNA
CONSEJO NACIONAL DE ACREDITACIÓN
LABORATORIO DE ENSAYOS ACREDITADO
LE-019

Informe de Ensayo
Emisiones de Fuentes Fijas Significativas

MINERA PANAMÁ, S.A.
Punta Rincón - Cobre Panamá

FECHA: 01 y 02 de junio de 2023
TIPO DE ESTUDIO: Ambiental
CLASIFICACIÓN: Seguimiento
NÚMERO DE INFORME: 2023-003-A697
NÚMERO DE PROPUESTA: 2023-A697-007 v.1
REDACTADO POR: Ing. Yoeli Romero
REVISADO POR: Ing. Juan Icaza



Editado e Impreso por: EnviroLab, S.A.
Derechos Reservados 2023

Contenido

Sección 1: Datos generales de la empresa 3
Sección 2: Método de medición 3
Sección 3: Fecha de monitoreo y coordenadas 4
Sección 4: Valores promedios obtenidos de la medición 4
Sección 5: Resumen ejecutivo de los resultados obtenidos 4
Sección 6: Datos referentes al combustible utilizado 4
Sección 7: Datos referentes al año de instalación de las fuentes 4
Sección 8: Resultado de los valores ponderados para emisiones 5
Sección 9: Conclusiones 8
Sección 10: Equipo técnico 8
ANEXO 1: Ubicación de las mediciones 9
ANEXO 2: Certificados de calibración 10
ANEXO 3: Curvas de Potencia 13
ANEXO 4: Fotografías de las mediciones 15
ANEXO 5: Equipos utilizados 17
ANEXO 6: Descripción de metodología utilizada 20
ANEXO 7: Glosario de fórmulas 22

Editado e Impreso por: EnviroLab, S.A.
Derechos Reservados 2023

Sección 1: Datos generales de la empresa	
Nombre	Minera Panamá, S.A.
Información general	Extracción de minerales
Localización	Punta Rincón, Colón
País	Panamá
Contraparte técnica	Ing. Gumercindo Castro
Sección 2: Método de medición	
Norma aplicable[1]	IFC – Environmental, Health, and Safety Guidelines Thermal Power Plants - .2008 (Plant Greater than 50 MWth to Less than 600 MWth, Atmospheric Basic Degraded)
Método	Para efectuar las mediciones, fueron utilizados los métodos de la Environmental Protection Agency (EPA): Método 1: Determinación de la ubicación de la medición y puntos de muestreo Método 2: Determinación de la velocidad del gas de la chimenea y la tasa del flujo volumétrico Método 3: Determinación del exceso de aire y peso molecular del gas seco Método 4: Determinación de la humedad en los gases de la chimenea Método 5: Determinación de las emisiones de material particulado en la fuente de la chimenea Método 6: Determinación de las emisiones de SO_2 en la fuente de la chimenea Método 7: Determinación de las emisiones de NO_x en la fuente de la chimenea Método 9: Determinación visual de las mediciones de opacidad Método 29: Determinación de emisión de metales Se utilizó el equipo ECOM para el cálculo de los porcentajes de CO, CO_2 y O_2 este equipo fue programado para la medición de emisiones de fuentes fijas según el tipo de combustible, el muestreo se realizó en la sección de la chimenea recomendada por el método EPA 003. Se tomó un volumen total por muestra aproximado de 1.6 lts. Para el monitoreo del material particulado se utilizó el método gravimétrico establecido por la metodología de la EPA.
Instrumentos utilizados	1. ECOM, modelo EN3F, número de serie 4397 2. APEX con número de serie 1902984
Vigencia de calibración	Ver anexo 1
Descripción de los ajustes de campo	N/A
Incertidumbre	± 3 mg/m^3
Límite máximo	SO_2 – 200 $mg/N\text{-}m^3$ NO_x – 200 $mg/N\text{-}m^3$ Material Particulado – 30 $mg/N\text{-}m^3$ CO – 100 $mg/N\text{-}m^3$
Procedimiento Técnico	PT-08 Muestreo y Registro de Datos PT-29 Fuentes Fijas Significativas

[1] Referencia: Temperatura 0°C y O_2 al 6%

Editado e Impreso por: EnviroLab, S.A.
Derechos Reservados 2023

Sección 3: Fecha de monitoreo y coordenadas

Identificación de la fuente	Coordenadas UTM (WGS 84)	Fecha de realización del método			
	Zona: 17 P	Método 5	Método 6	Método 7	Método 29
Generador Unidad #1	533911 m E 996869 m N	2023-06-01			
Generador Unidad #2	533903 m E 996869 m N	2023-06-02			

Sección 4: Valores promedios obtenidos de la medición

Identificación de la fuente	Tipo de combustible	O_2 (%)	CO (mg/m^3)	CO_2 (%)	Eficiencia (%)	Exceso de aire (λ)	Pérdidas (%)	T_{aire} (ºC)	T_{gas} (ºC)	Opacidad (%)
Generador Unidad #1	Carbón	6,95	1,06	11,99	97,83	0,57	2,17	32,70	77,00	1,00
Generador Unidad #2	Carbón	7,29	0,56	11,85	97,70	0,60	2,30	32,70	78,60	1,00

Sección 5: Resumen ejecutivo de los resultados obtenidos[2]

Valores promedios normalizados y referenciados al 6% de O_2						
Identificación de la fuente	NOx (mg/N-m^3)	Valor normado NOx (mg/N-m^3)	SO_2 (mg/N-m^3)	Valor normado SO_2 (mg/N-m^3)	PTS (mg/N-m^3)	Valor normado PTS (mg/N-m^3)
Generador Unidad #1	199,55	200	2,59	200	0,011	30
Generador Unidad #2	164,77		2,70		0,208	

Sección 6: Datos referentes al combustible utilizado

Tipo de combustible (especificaciones)	Ambas unidades cuentan con quemadores de baja emisión de NOx, sistema de reducción catalítica de NOx, desulfurización con agua de mar para SO_2 y filtros de manga de alta eficiencia para reducción de Material Particulado.
Contenido de azufre (si aplica)	Carbón bituminoso de bajo contenido de azufre
Consumo total de la fuente (en Hp, Watts, BTU)	Unidad 1, 153 MW Unidad 2, 153 MW
Capacidad de la fuente en funcionamiento durante el monitoreo	Unidad 1, 150 MW Unidad 2, 145 MW

Sección 7: Datos referentes al año de instalación de las fuentes

Identificación de la fuente	Año de instalación de la fuente
Generador Unidad #1	**Posterior al año 2000**
Generador Unidad #2	

[2] Fuente: Monitoreo isocinético realizado en junio de 2023.

Editado e Impreso por: EnviroLab, S.A.
Derechos Reservados 2023

Sección 8: Resultado de los valores ponderados para emisiones

Cuadro 8.1

Valores del Método 5
Determinación de emisión de material particulado

Identificación de la fuente	Identificación del filtro	Peso total (mg)	Volumen estándar (N-m³)	Concentración por chimenea	
				Normalizada (mg/N-m³)	Referenciada al 6% de O_2 (mg/N-m³)
Generador Unidad #1	23-GF-ENV-46	0,01	1,434	0,010	0,011
Generador Unidad #2	23-GF-ENV-48	0,27	1,412	0,190	0,208

Cuadro 8.2

Valores del Método 6
Determinación de emisión de SO_2 en mg/N-m³

Identificación de la fuente	Identificación de filtro	Concentración por chimenea	
		Normalizada (mg/N-m³)	Referenciada al 6% de O_2 (mg/N-m³)
Generador Unidad #1	23-SO_2-ENV-22	2,43	2,59
Generador Unidad #2	23-SO_2-ENV-23	2,47	2,70

Cuadro 8.3

Valores ponderados del Método 7
Determinación de emisión de NO_x en mg/N-m³

Identificación de la fuente	Identificación de filtro	Concentración por chimenea	
		Normalizada (mg/N-m³)	Referenciada al 6% de O_2 (mg/N-m³)
Generador Unidad #1	23-NOx-ENV-22	186,91	199,55
Generador Unidad #2	23-NOx-ENV-23	150,60	164,77

Cuadro 8.4

Valores ponderados del Método 29
Determinación de emisión de mercurio

Identificación de la fuente	Identificación de filtro	Peso real (mg)	Volumen efectivo muestreado (L)	Concentración por chimenea	
				Normalizada (mg/N-m³)	Referenciada al 6% de O_2 (mg/N-m³)
Generador Unidad #1	23-Hg-ENV-01	<0,008	1 389	<0,006	<0,006
Generador Unidad #2	23-Hg-ENV-02	<0,008	1 503	<0,006	<0,006

Editado e Impreso por: EnviroLab, S.A.
Derechos Reservados 2023

Cuadro 8.5						
Valores ponderados del Método 29 Determinación de emisión de metales						
Identificación de la muestra	**Nombre**	**Símbolo**	**Volumen efectivo muestreado** (L)	**Concentración por chimenea**		
				Datos reportados del equipo (mg/N-m^3)	**Normalizada al método** (mg/N-m^3)	**Referenciada al 6% de O_2** (mg/N-m^3)
Generador Unidad #1 23-MET-ENV-01	Antimonio	Sb	1 389	0,047	0,034	0,036
	Arsénico	As		<LOD	<LOD	<LOD
	Bario	Ba		0,017	0,012	0,013
	Berilio	Be		<LOD	<LOD	<LOD
	Cadmio	Cd		<LOD	<LOD	<LOD
	Cromo	Cr		0,011	0,008	0,008
	Cobalto	Co		<LOD	<LOD	<LOD
	Cobre	Cu		0,078	0,056	0,060
	Plomo	Pb		0,017	0,012	0,013
	Manganeso	Mn		0,016	0,011	0,012
	Níquel	Ni		0,005	0,003	0,004
	Fósforo	P		0,168	0,121	0,130
	Selenio	Se		0,016	0,012	0,012
	Plata	Ag		0,035	0,025	0,027
	Talio	Tl		<LOD	<LOD	<LOD
	Zinc	Zn		0,067	0,048	0,051

Editado e Impreso por: EnviroLab, S.A.
Derechos Reservados 2023

Valores ponderados del Método 29 Determinación de emisión de metales						
Identificación de la muestra	**Nombre**	**Símbolo**	**Volumen efectivo muestreado** (L)	**Concentración por chimenea**		
				Datos reportados del equipo (mg/N-m³)	**Normalizada al método** (mg/N-m³)	**Referenciada al 6% de O_2** (mg/N-m³)
Generador Unidad #2 23-MET-ENV-02	Antimonio	Sb	1 503	<LOD	<LOD	<LOD
	Arsénico	As		<LOD	<LOD	<LOD
	Bario	Ba		0,494	0,329	0,360
	Berilio	Be		<LOD	<LOD	<LOD
	Cadmio	Cd		<LOD	<LOD	<LOD
	Cromo	Cr		0,002	0,001	0,002
	Cobalto	Co		<LOD	<LOD	<LOD
	Cobre	Cu		0,016	0,010	0,011
	Plomo	Pb		<LOD	<LOD	<LOD
	Manganeso	Mn		0,018	0,012	0,013
	Níquel	Ni		<LOD	<LOD	<LOD
	Fósforo	P		0,158	0,105	0,115
	Selenio	Se		0,032	0,021	0,024
	Plata	Ag		0,031	0,021	0,022
	Talio	Tl		<LOD	<LOD	<LOD
	Zinc	Zn		0,016	0,011	0,012

Cuadro 8.6												
Emisión global referenciada al 6% de O_2 en mg/N-m³												
Identificación de la fuente	**Caudales (m³/seg)**	**Caudal total (m³/seg)**	**Factor de ponderación**	**Contaminante** (mg/N-m³)			**Ponderado individual** (mg/N-m³)			**Emisión global** (mg/N-m³)		
				PTS	**SO_2**	**NO_x**	**PTS**	**SO_2**	**NO_x**	**PTS**	**SO_2**	**NO_x**
Generador Unidad #1	186,33	370,49	0,503	0,011	2,59	199,55	0,005	1,30	100,00	0,108	2,64	182,00
Generador Unidad #2	184,16		0,497	0,208	2,70	164,77	0,103	1,34	82,00			

Editado e Impreso por: EnviroLab, S.A.
Derechos Reservados 2023

Sección 9: Conclusiones

Interpretación de los resultados obtenidos

Parámetro	Símbolo	Resultado Referenciado al 6% de O_2 (mg/N-m^3)	
		Unidad 1	Unidad 2
Mercurio	Hg	<0,006	<0,006
Antimonio	Sb	0,036	<LOD
Arsénico	As	<LOD	<LOD
Bario	Ba	0,013	0,360
Berilio	Be	<LOD	<LOD
Cadmio	Cd	<LOD	<LOD
Cromo	Cr	0,008	0,002
Cobalto	Co	<LOD	<LOD
Cobre	Cu	0,060	0,011
Plomo	Pb	0,013	<LOD
Manganeso	Mn	0,012	0,013
Níquel	Ni	0,004	<LOD
Fósforo	P	0,130	0,115
Selenio	Se	0,012	0,024
Plata	Ag	0,027	0,022
Talio	Tl	<LOD	<LOD
Zinc	Zn	0,051	0,012

Valores obtenidos referenciados al 6%

SO_2
El SO_2 resultó con un promedio general normalizado y referenciado de 2,64 mg/N-m^3 para el Generador Unidad #1 y Generador Unidad #2 que utilizan combustible carbón. Este valor es menor al límite máximo de 200 mg/N-m^3 de acuerdo con IFC – Environmental, Health, and Safety Guidelines Thermal Power Plants - 2008 (Plant Greater than 50 MWth to Less than 600 MWth, Atmospheric Basic Degraded).

NOx
El NOx resultó con un promedio general normalizado y referenciado de 182,00 mg/N-m^3 para el Generador Unidad #1 y Generador Unidad #2 que utilizan combustible carbón. Este valor es menor al límite máximo de 200 mg/N-m^3 de acuerdo con IFC – Environmental, Health, and Safety Guidelines Thermal Power Plants - 2008 (Plant Greater than 50 MWth to Less than 600 MWth, Atmospheric Basic Degraded).

PTS (EPA 5)
Las partículas totales resultaron con un valor promedio normalizado y referenciado de 0,108 mg/N-m^3 para el generador Unidad #1 y Generador Unidad #2 que utilizan combustible carbón. Este valor es menor al límite máximo de 30 mg/N-m^3 de acuerdo con IFC – Environmental, Health, and Safety Guidelines Thermal Power Plants - 2008 (Plant Greater than 50 MWth to Less than 600 MWth, Atmospheric Basic Degraded).

CO
El CO resultó con un promedio normalizado y referenciado de 0,81 mg/N-m^3 para el Generador Unidad #1 y Generador Unidad #2 que utilizan combustible carbón. Este valor es menor al límite máximo de 100 mg/N-m^3 de acuerdo con IFC – Environmental, Health, and Safety Guidelines Thermal Power Plants - 2008 (Plant Greater than 50 MWth to Less than 600 MWth, Atmospheric Basic Degraded).

Sección 10: Equipo técnico

Nombre	Cargo	Identificación
Abdiel García	Técnico de Campo	8-830-342
Michael Alvarado	Técnico de Campo	4-765-1034

Editado e Impreso por: EnviroLab, S.A.
Derechos Reservados 2023

ANEXO 1: Ubicación de las mediciones



Proyecto minero ubicado en Punta Rincón, la población más cercana es la comunidad de Rio Caimito a unos 1,5 km. de distancia

Editado e Impreso por: EnviroLab, S.A.
Derechos Reservados 2023

ANEXO 2: Certificados de calibración



COMBUSTION ANALYSIS

ECOM AMERICA, LTD.
1628 Oakbrook Drive
Gainesville, GA 30507
(770)-532-3280

Certificate of Calibration

This ECOM analyzer, model **EN3F** serial number 4397 ,has been calibrated and found to be within manufacturer specifications.

Technician: *James Smith*

Factory service performed — **March** 2023
Next recommended factory service — **March** 2024

CERTIFIED CALIBRATION GASES USED BY ECOM

These gases are traceable to the National Institute of Standards and Technology.

CO Low		992	PPM	2%	Oxygen	Lot #	EB0086281
CO High		10,000	PPM	2%	Oxygen	Lot #	CC173572
NO		100	PPM	0%	Oxygen	Lot #	CC218340
NO_2		102	PPM	Balanced in air		Lot #	CC506606
Low NO		30.66	PPM	0%	Oxygen	Lot #	CC708035
Low NO_2		10.3	PPM	Balanced in air		Lot #	CC518055
SO_2		99	PPM	0%	Oxygen	Lot #	CC412828
CH_4		1.99	% By Vol	5%	Oxygen	Lot #	LK-114788
C_3H_8		400	PPM	21%	Oxygen	Lot #	BX-273075
H_2S		106	PPM			Lot #	BC-993580
CO/H_2	403	409	PPM	2%	Oxygen	Lot #	CC182861
CO_2		12.00	% By Vol	12%	Oxygen	Lot #	6266353Y

Calibration Data

Gas Type	Gas Tank Value	As-Found Data	Calibrated-to Data
CO High	10000 PPM	10005 PPM	10000 PPM
NO	100.4 PPM	100 PPM	100.4 PPM
NO_2	102.1 PPM	104 PPM	102.1 PPM
SO_2	98.85 PPM	102 PPM	98.85 PPM
CO_2	12 % By Vol	12.04 % By Vol	12 % By Vol

**Suitability for use is the sole responsibility of the user. Factors affecting the calibration and response of gas sensors include, but are not limited to Frequency & Duration of use, Concentration of gases measured, Shifts in ambient temperature (>20 deg. F), & age of sensors. This Certificate of calibration verifies that the analyzer responded accurately, and within specification to the calibration gas concentrations listed above.*

Derechos Reservados 2023

ITS Technologies

PT11-02 CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN v.0

Certificado No: 284-23-001 v.0

Cliente: EnviroLAB
Dirección: Urb. Chanis Vía Principal -Edificio J3. No. 145 Panama.
Equipo: Muestreador de Fuentes Fijas
Fabricante : APEX Instruments
Numero de Serie: 1902984

Fecha de recepción: 30-dic-22
Fecha de Calibración: 05-ene-23
Próxima Calibración: 05-ene-24

Condiciones de Prueba

Temperatura: 21.08 °C a 21.32 °C
Humedad Relativa: 68.1% a 58.3%
Presión Barométrica: 1013 mbar a 1012 mbar

Condiciones del Equipo

Antes de calibración: Si Cumple
Después de la Calibración: Si Cumple

Tiempo de Corrido	Orificio DMG	Volumen Inicial	Temp Inicial	Temp Final	Serie de Orificio Critico	Coeficiente	Amb Temp Final	Vacío Real
(min)	(mm H2O)	(m3)	(°C)	(°C)		(K)	(°C)	(mmHg)
10	40	339984,40	21,08	21,25	40	0,0002	21,25	526,00
10	55	340115,000	21,15	21,44	55	0,0004	21,44	368,00
10	73	3340271,00	21,44	21,22	73	0,0007	21,22	245,00

1 Para resultados válidos, el vacío real debe ser de 25 a 50 mmHg mayor que el vacío teórico crítico se muestra arriba.
2 El Coeficiente orificio crítico, K ', se debe introducir en unidades métricas, m3 * K1 / 2) / (mmHg * min).

Calibrado por: Ezequiel Cedeño B. Fecha: 05-ene-23
Nombre — Firma del Técnico de Calibración

Revisado por: Ruben R. Rios R. Fecha: 11-ene-23
Nombre — Firma del Supervisor Técnico de Laboratori

Este reporte certifica que todos los equipos de calibración usados en la prueba son trazables al NIST, y aplican solamente para el equipo identificado arriba.

Este reporte no debe ser reproducido en su totalidad o parcialmente sin la aprobación escrita de Grupo ITS

Urbanización Reparto de Chanis, Calle A y Calle H - Local 145 Planta baja
Tel.: (507) 221-2253; 323-7500 Fax: (507) 224-8087
Apartado Postal 0843-01133 Rep. de Panamá
E-mail: calibraciones@grupo-its.com

ITS Technologies

PT11-02 CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN v.0

Certificado No: 284-23-001 v.0

Medidor de Gas Seco		Orificio Critico	Vacío	Variación	Caudal	ΔH@
($V_{m(std)}$)	($Q_{m(std)}$)	($Vcr_{(std)}$)	(Y)	(DY)	($Q_{m(std)(corr)}$)	(DH@)
m^3	m^3/min	m^3			m^3/min	mm H2O
179,308	17,931	0,118	0,982	0,008	39841,466	0,00000
207,949	20,795	0,249	0,977	-0,004	20,067	0,00009
419,060	41,906	0,413	0,974	-0,003	40,477	0,00003
			0,979			

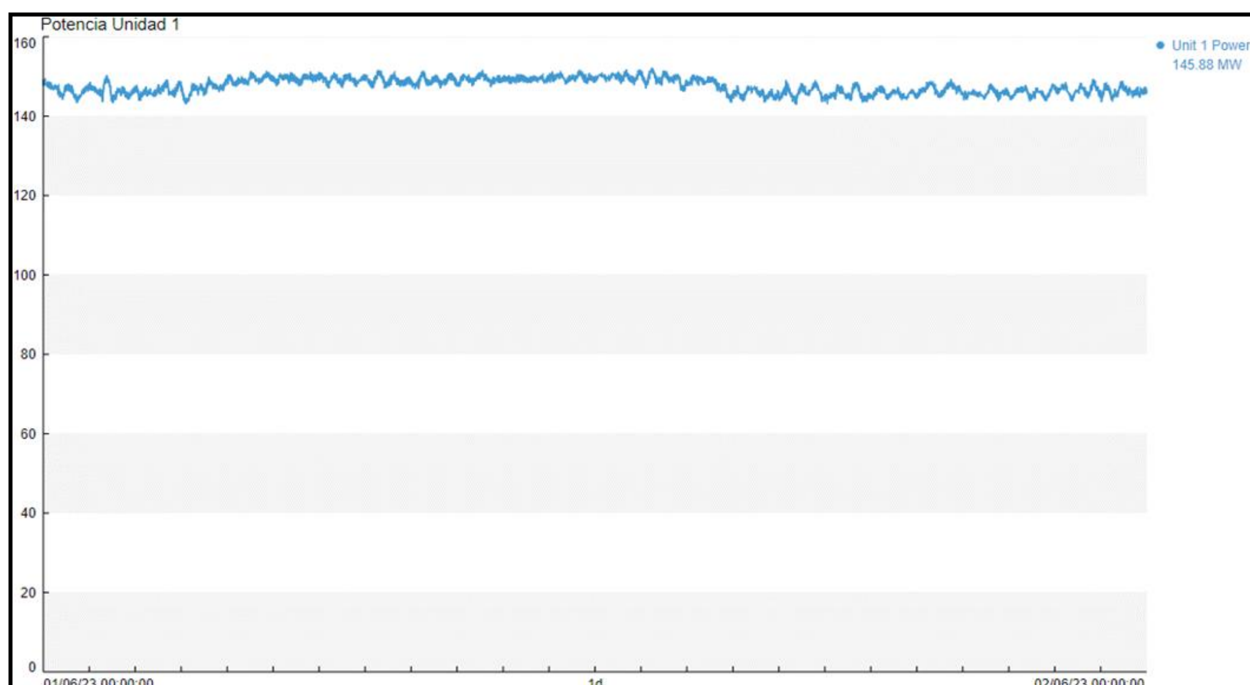
Nota: para el factor de calibración Y, la relación entre la lectura del medidor de calibración al medidor de gas seco, la tolerancia aceptable de valores individuales de la media es de -0,02 +.
Certifico que el medidor de gas seco de arriba fue calibrado de acuerdo con los métodos de la USEPA, CFR 40, parte 60, utilizando la precisión del medidor de prueba Wet # 11AE6, que a su vez fue calibrado usando la American Bell Demostrador # 3785, certificado # F107, lo que es atribuible a la Oficina Nacional de Normalización (NIST).

Este reporte certifica que todos los equipos de calibración usados en la prueba son trazables al NIST, y aplican solamente para el equipo identificado arriba.

Este reporte no debe ser reproducido en su totalidad o parcialmente sin la aprobación escrita de Grupo ITS

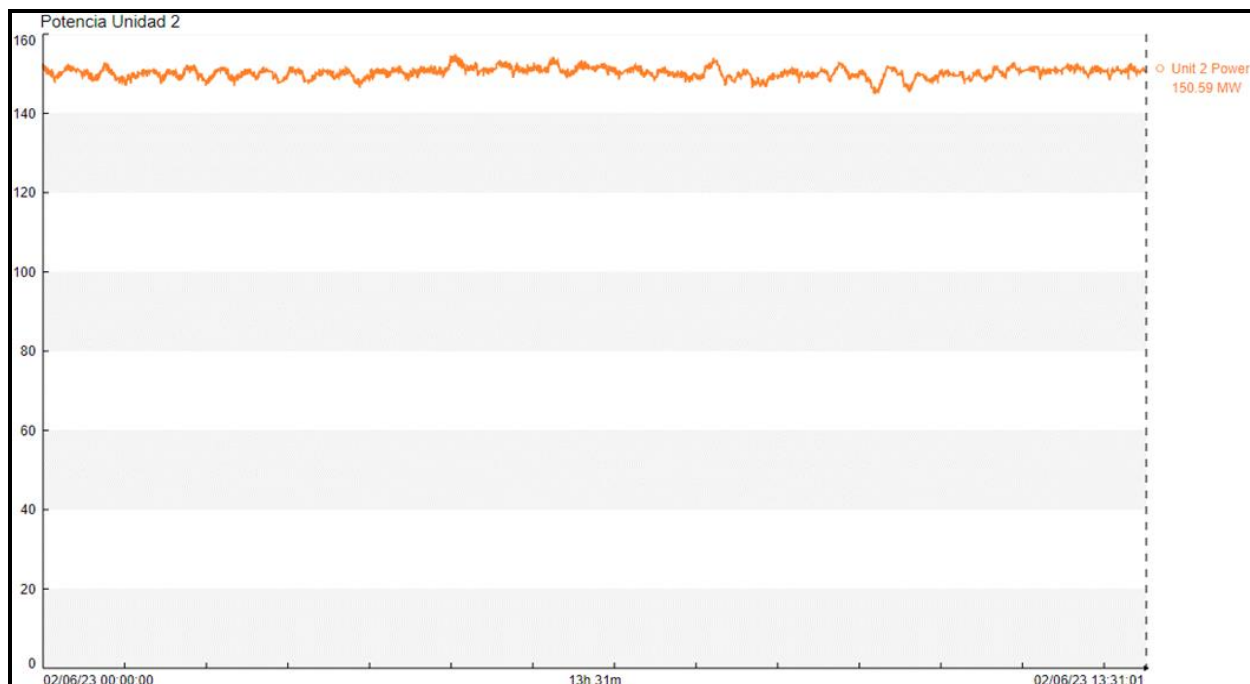
Urbanización Reparto de Chanis, Calle A y Calle H - Local 145 Planta baja
Tel.: (507) 221-2253; 323-7500 Fax: (507) 224-8087
Apartado Postal 0843-01133 Rep. de Panamá
E-mail: calibraciones@grupo-its.com

ANEXO 3: Curvas de Potencia



Gráfica #1: Generador Unidad #1

Derechos Reservados 2023



Gráfica #2: Generador Unidad #2

ANEXO 4: Fotografías de las mediciones



Generador Unidad #1



Generador Unidad #1



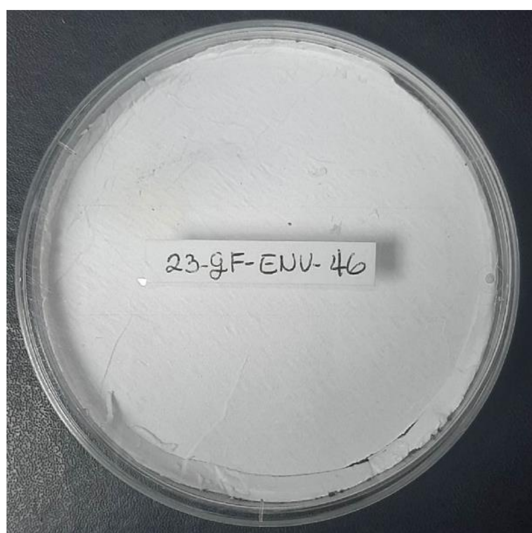
Generador Unidad #2



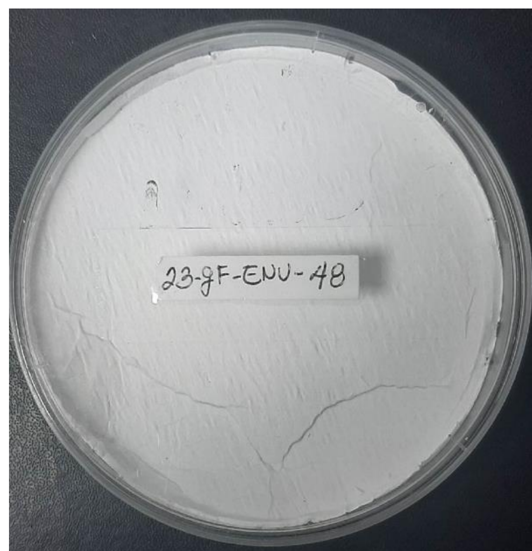
Generador Unidad #2

Derechos Reservados 2023

Filtros utilizados en el monitoreo



Generador Unidad #1
ID #23-GF-ENV-46



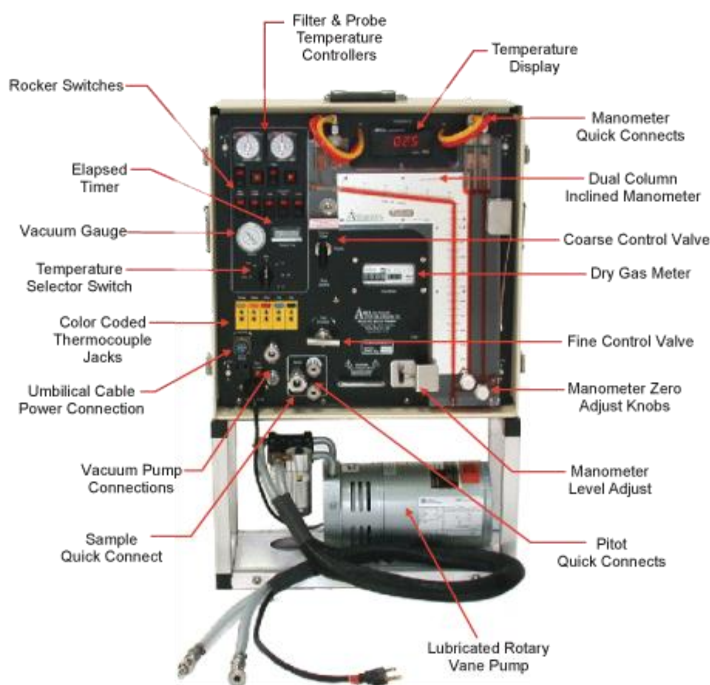
Generador Unidad #2
ID #23-GF-ENV-48

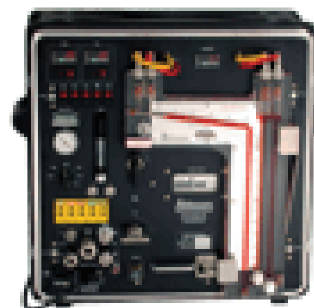
Derechos Reservados 2023

ANEXO 5: Equipos utilizados

EQUIPO UTILIZADO EN LAS MEDICIONES DE CHIMENEAS

Consola de muestreo isocinético para Método 5 fabricado por *Apex Instruments* cumple con los criterios y especificaciones de diseño de construcción, citados en el Método 5 de la US EPA, código de regulaciones federales (40CFR Part 60).





Modelo actualizado

Bomba rotativa XE-0523



E-0523+-
Especificaciones:

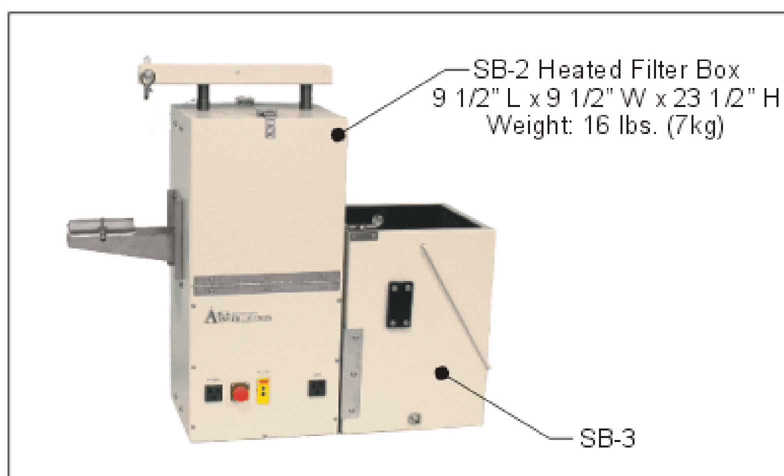
Motor:	1/4 hp, 120/240V 60/50Hz 4.6/2.3 Amp., RPM 1725/1425
Flujo de medición :	3.1 cfm@ 1 pulg. Hg; 1.5 cfm@ 15 pulg. Hg
Vacío máximo:	25.5 pulgadas de Hg
Peso:	35 lbs. (16kg)

Derechos Reservados 2023

Sonda de prueba para método 5. De acero inoxidable, cuenta con pitot tipo "S", con un calentador que impide la condensación de los gases muestreados, así como sensores de temperatura con sus cables de lectura remota.

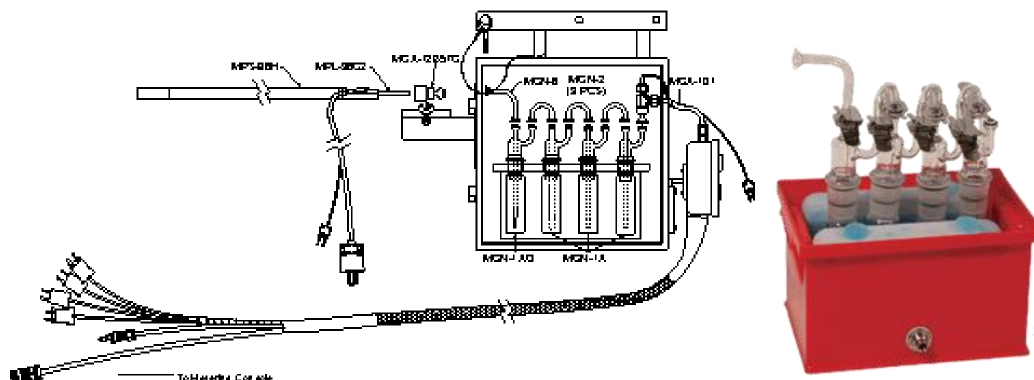


Cajas modulares para las muestras. Estas cajas tienen el propósito de alojar los impingers y los matraz dependiendo del tipo de muestreo). Pueden tener una caja para el matraz (Método 7), una caja fría para mantener los mini impingers a una baja temperatura (Método 6), o tener una caja caliente para el filtro y una caja fría para los impingers (Método 5).

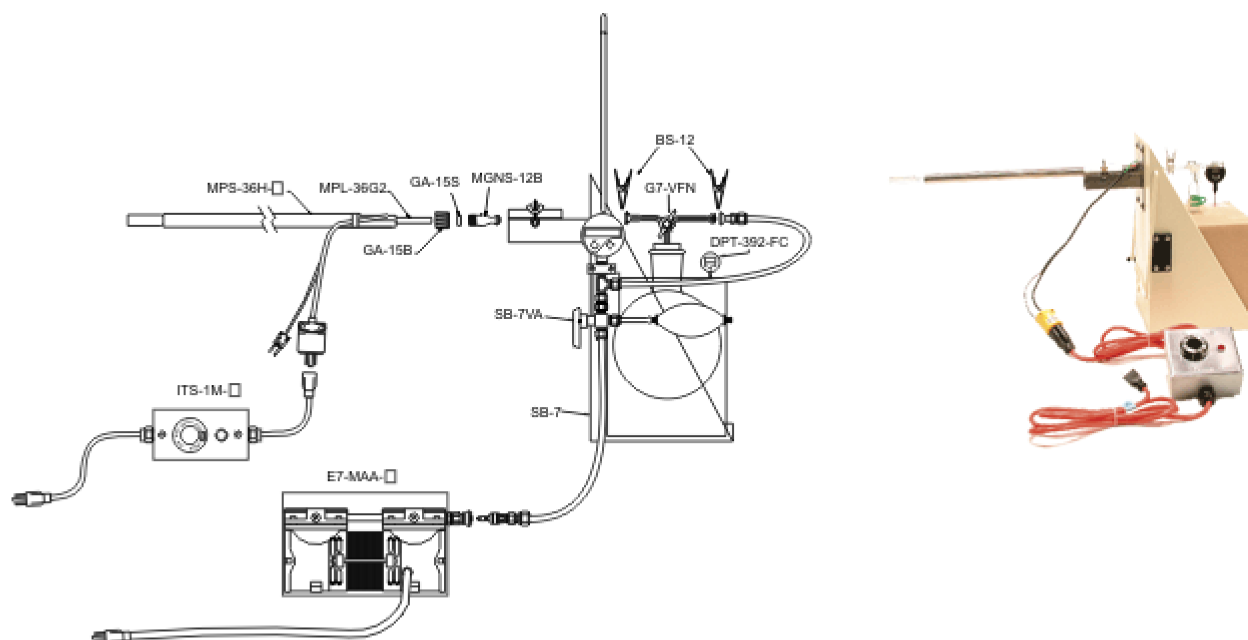


Caja modular y tren de muestreo para Método 6

Derechos Reservados 2023



Caja modular y equipo de muestreo para Método 7 (NOx)



Derechos Reservados 2023

ANEXO 6: Descripción de metodología utilizada

A. Sistema de muestreo utilizado en las chimeneas

Las chimeneas fueron muestreadas utilizando la siguiente metodología:

EPA Método No. 1: *Determinación de la ubicación de la medición y puntos de muestreo*.

Este método se aplica cuando las trayectorias de las partículas en movimiento están definidas, conservando un régimen, en lo posible, laminar en la chimenea.

Para desarrollar el método, primero se define la distancia, en número de diámetros, antes y después del punto de medición (este punto ya había sido correctamente fijado por la empresa). Con esta información se usa el gráfico para determinar el número de puntos de muestreos.

EPA Método No. 2: *Determinación de la velocidad del gas de la chimenea y la tasa del flujo volumétrico.*

El método es utilizado para calcular el promedio de la velocidad del gas en la chimenea (V_s), a partir del promedio de la temperatura del gas de la chimenea (T_s), y el promedio de la presión de la chimenea (ΔP) haciendo uso de un tubo pitot tipo “S”. Se hace un recorrido inicial por un período de 30 segundos por cada punto, para proceder a obtener los promedios de (ΔP) y (T_s).

Con los datos de velocidad se puede hallar el gasto volumétrico en las chimeneas.

EPA Método No. 3: *Determinación del exceso de aire y peso molecular del gas seco*

El método es aplicable para determinar el porcentaje en peso del dióxido de carbono CO_2 , el porcentaje en peso del Oxígeno O_2, el porcentaje en peso del monóxido de carbono CO, el porcentaje en peso del nitrógeno N_2 los cuales de acuerdo al proceso de combustión permite el cálculo del peso molecular del gas seco en la fuente fija.

Los gases recombustión fueron extraídos de la fuente fija con la ayuda de un analizador de combustión electrónico, con sensores electroquímico.

El peso molecular de los gases de combustión se obtiene por medio de la siguiente ecuación:

$Md = 0.44*(\%CO_2) + 0.32*(\%O_2) + 0.28*(\%N_2 + \%CO)$

Md= Peso molecular del gas seco

EPA Método No. 4: *Determinación de la humedad en los gases de la chimenea.*

El método es aplicable para determinar el contenido de humedad preliminar de los gases que viajan por la fuente fija, ya que la humedad definitiva se reporta al final del muestreo isocinético, es decir, una vez desarrollado el método 5 de la EPA. Este dato preliminar es relevante en la determinación de la boquilla requerida para el muestreo.

El método consiste en tomar una muestra de los gases que fluyen por la chimenea, succionándolo con la bomba del APEX, pasando estos gases a través de un filtro para retener el material particulado, se emplearon 4 frascos colectores (impingers), de los cuales los dos primeros contienen un volumen y peso conocido de agua destilada, el tercero va vacío y el cuarto contiene 200 gramos de silica gel con su peso conocido. Los frascos colectores son posicionados de acuerdo a lo establecido en el método 5, en el compartimiento de la caja fría y se rodean con hielo, con el propósito de condensar la humedad presente en los gases succionados. Lo anterior permite encontrar la humedad en forma gravimétrica.

Derechos Reservados 2023

EPA Método No. 5: *Determinación de las emisiones de material particulado en la fuente de la chimenea.*

Después de hacer todas las conexiones al APEX, se procede a succionar los gases de la chimenea, incluyendo el material particulado, isocinéticamente. La captura de la muestra se logra a través de una tobera. El gas con material particulado pasa a una cámara de filtración donde las partículas son retenidas en un filtro de micro fibra de vidrio, libre de compuestos orgánicos con una eficiencia de 99.955, para la retención de partículas hasta de 0.3 µm. Esta captura se realiza a una temperatura entre 100 °C y 120°C para evitar la condensación de los gases en el filtro. Para conseguir esta condición, el APEX cuenta con una caja caliente. La cantidad de material particulado recolectado en el filtro se determina gravimétricamente.

EPA Método No. 6: *Determinación de las emisiones de SO_2 en la fuente de la chimenea*

El uso de este método tiene como propósito extraer una muestra de los gases que fluyen en la chimenea a través de una sonda introducida en el punto de muestreo. El SO_2 y el trióxido de azufre, incluyendo aquellas fracciones de cualquier neblina de ácido sulfuroso, son separados. La fracción de SO_2 es medida a través del método bario-torin.

Se emplearon 4 mini colectores de 30 mililitros (mini impingers), de los cuales el primero lleva alcohol isopropílico, el segundo y tercero peróxido y el último silica gel, todos ubicados en el compartimiento de la caja fría rodeados con hielo.

Después de hacer todas las conexiones entre el APEX y los 4 mini colectores de la caja fría (SK-606), se procede a succionar los gases de la chimenea. En el primer mini frasco colector se coloca un filtro de lana de fibra de vidrio, para retener el material particulado. Se ajusta el flujo de muestreo a 1.0 litros/minuto +/-10%. Este flujo se debe mantener constante durante todo el tiempo del muestreo. La duración recomendada del muestreo es de 20 minutos.

EPA Método No. 7: *Determinación de las emisiones de NO_x en la fuente de la chimenea*

El uso de este método tiene como propósito colectar una muestra de los gases que fluyen en la chimenea. Estos gases serán atrapados en un matraz que contiene una solución absorbente diluida de peróxido y ácido sulfúrico. Previo al inicio de la prueba, se ensambló el conjunto de matraz y válvula de control, se llenó de agua para determinar el volumen total.

Se conectó la caja, la punta de prueba, los sensores y demás accesorios al APEX; posteriormente, se realizó un vacío de 75 mm de Hg dentro del matraz, una vez logrado este vacío se abrió la válvula que conecta la sonda de prueba, fluyendo los gases de la chimenea hacia dentro del matraz. Una vez igualadas las presiones, se sella el matraz, se deja reposar por 16 horas, luego se agita el contenido por 2 minutos, a continuación se transfiere el contenido a un envase de polietileno para su posterior análisis.

B. Contaminantes evaluados

El resultado de contaminantes evaluados se encuentra resumido en la sección 4 y en el anexo 1. De acuerdo a los cálculos realizados, se deben medir un mínimo de 12 puntos distribuidos a lo largo del diámetro interno de cada una de las chimeneas. Se procedió a determinar las concentraciones de las siguientes emisiones:

Emisión	Fórmula	Unidades	
Monóxido de Carbono	CO	ppm	ppm
Óxido de Azufre	SO_x (SO_2)	ppm	mg/N-m^3
Óxido de Nitrógeno	NO_x (NO_2)	ppm	mg/N-m^3
Partículas Totales	PMT	------	mg/N-m^3

1. Gases
Las emisiones se ajustaron al 6% de O_2 .

2. Partículas en Suspensión
Las partículas en suspensión se determinaron mediante captura isocinética en filtro de fibra de vidrio, el cual es pesado en una balanza analítica con precisión de 0.00001 gramos antes y después de la medición.

Derechos Reservados 2023

ANEXO 7: Glosario de fórmulas

Cálculos

K = 8.038*105(Dn4)ΔH@(Cp2*((1-BH2O)*(1-BH2O)*(Md/Mh)*(Ps/Pm)
K = COEFICIENTE DE PROPORCIONALIDAD QUE RELACIONA ΔP Y ΔH
ΔH@ = COEFICIENTE DEL MEDIDOR DE ORIFICIO DEPENDE DEL EQUIPO USADO, APROX. 49.007 PARA APEX (CALIBRACIÓN DGM)
Cp = COEFICIENTE DEL TUBO PITOT, PARA EL APEX ES 0.84
Dn = DIÁMETRO DE LA BOQUILLA EN mm
BH2O = CONTENIDO DE HUMEDAD DEL GAS EN FRACCIÓN ASUMIDA O CALCULADA
Md = PESO MOLECULAR DEL GAS SECO (gr./gr-mol)
44(%C02)+0.32(%O2)+0.28(%C0+%N2)
Mh = PESO MOLECULAR DEL GAS HÚMEDO (gr./gr-mol)
Ps = PRESIÓN ABSOLUTA DEL GAS EN CHIMENEA (mm Hg) ASUMIR LA ATMOSFÉRICA
Pm = PRESIÓN ABSOLUTA DEL MEDIDOR (mm Hg). ASUMIR LA ATMOSFÉRICA
Vs = KpCp▪√Δpaverag*√(Ts/(Ps/Pm)
Vs = VELOCIDAD DE GASES EN CHIMENEA (PROMEDIO)
Kp = Constante de conversión (834,96 S.I., 85,48 U.S.)

Editado e Impreso por: EnviroLab, S.A.
Derechos Reservados 2023

DIÁMETRO DE LA BOQUILLA

Para poder realizar el muestreo isocinético se debe escoger el diámetro de la boquilla que nos garantice la succión de la muestra a igual velocidad. Luego de encontrar la boquilla ideal, se selecciona de entre las boquillas disponibles y se selecciona la boquilla mas próxima a la ideal encontrada por la formula presentada a continuación.

Dn = √{(K3*Qm*Pm√(Ts*Mh))/Tm*Cp*(1-BH2O)√(PsΔ$p_{avg)}$}

Dn = DIÁMETRO DE BOQUILLA IDEAL (mm)

K3 = 0,6071

Qm = FLUJO DE GAS A TRAVÉS DEL MEDIDOR (L/min)

Pm = PRESIÓN ABSOLUTA DEL GAS EN MEDIDOR (mm Hg)

Ts = TEMPERATURA ABSOLUTA PROMEDIO EN CHIMENEA EN KELVIN

Mh = PESO MOLECULAR DEL GAS HÚMEDO (gr./gr-mol)

Tm = TEMPERATURA ABSOLUTA PROMEDIO EN EL MEDIDOR EN KELVIN (C+ 273,15)

Cp = COEFICIENTE DEL TUBO PITOT, USAR COEFICIENTE DEL APEX

B_{H2O} = CONTENIDO DE HUMEDAD DEL GAS EN FRACCIÓN ASUMIDA O CALCULADA

Ps = PRESIÓN ABSOLUTA DEL GAS EN CHIMENEA (mm Hg)

Δp avg = PRESIÓN PROMEDIO DEL PITOT (mm DE H2O)

Derechos Reservados 2023

PORCENTAJE DE ISOCINETISMO

Isocinetismo: Es la relación existente entre el valor de la velocidad promedio de succión en el equipo de muestreo y el valor de la velocidad promedio en la chimenea durante el tiempo de muestreo.

I% = K_{5*}Ts*Vm(std)/((Ps*Vs*An*θ)+(1-BH2O)

K5 = constante de isocinetismo

Ts = TEMPERATURA DE LA CHIMENEA S-STACK

Vm (std) = VOLUMEN DE GAS SECO DEL MEDIDOR, (FORMULA PARA EL APEX)

Vm (std) = K1*Y*Vm*(Pbar+ΔH/13,6)/Tm =VOLUMEN DEL GAS DE MEDIDOR

Vs = Kp*Cp($\sqrt{\Delta P})_{AVG}$*√Ts(avg)/(Ps*Ms) = VELOCIDAD DEL GAS EN CHIMENEA

Ps = PRESIÓN ABSOLUTA DEL GAS EN CHIMENEA (mm Hg)

An = SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA BOQUILLA

θ = TIEMPO EN MINUTOS

Vs = Kp*Cp*√(Ts(avg)/(Ps*Ms)) = VELOCIDAD DEL GAS EN CHIMENEA

--- FIN DEL DOCUMENTO ---

****EnviroLab S.A., sólo se hace responsable por los resultados de los puntos monitoreados y descritos en este Informe.**

Editado e Impreso por: EnviroLab, S.A.
Derechos Reservados 2023